

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Hydraulická štípačka dřeva za traktor
Hydraulic Wood Splitter Mounted behind a Tractor

Student:

Bc. Marek Grygařík

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Miloš Němček

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Grygařík**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **40 Konstrukce strojních dílů a skupin**
Téma: **Hydraulická štípačka dřeva za traktor**
Hydraulic Wood Splitter Mounted behind a Tractor

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Navrhnete štípačku dřevěných polen, která bude nesena za traktorem a rovněž jím bude poháněna. Uvažujte s traktorem o výkonu minimálně 45 kW. Proveďte všechny nutné kinematické rozbor, pevnostní výpočty a kontrolu stability. Požadovanou štípací sílu odhadněte na základě srovnání podobných typů.

Rozměry polena – průměr max.600 mm, min.250 mm,
– délka max.1000 mm, min.200 mm.

Počet dílů polena po rozštípnutí – variabilní.

Max. hmotnost zařízení cca 1300 kg.

Nakreslete sestavu a potřebné výrobní výkresy.

Seznam doporučené odborné literatury:

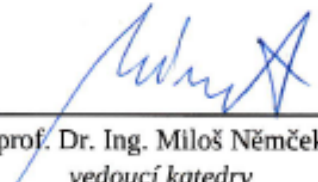
1. Bolek, A., Kochman, J.: *Části strojů 1,2*. Praha, SNTL 1989
2. Boháček, F. a kol.: *Části a mechanismy strojů I, II*. Brno, ES VUT, 1990
3. Moravec, V., Havlík, J.: *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-0878-9
4. Němček, M.: *Řešené příklady z ČaMS Spoje*. VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
5. Firemní literatura.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Miloš Němček**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 7.5.2019

Gygyorik

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona § č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 7.5.2019

Grygařík

podpis studenta

Bc. Marek Grygařík

Jarcová 7

757 01 Valašské Meziříčí

Anotace

GRYGAŘÍK, M. Hydraulická štípačka dřeva za traktor: *diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra části a mechanismy strojů, 2019, 54 s. Vedoucí práce: NĚMČEK, M.

V diplomové práci je na úvod popsána zadaná problematika. Následuje řešerše, která obsahuje rozbor podobných zařízení dostupných na trhu. Řešerše také obsahuje zmínku o podmínkách transportu hydraulické štípačky dřeva za traktor po pozemních komunikacích. Dále se práce zabývá návrhem konstrukce hydraulické štípačky dřeva za traktor, jejím připojením za traktor, návrhem štípacího mechanismu, povrchovou úpravou, reflexními prvky a nosností zařízení. Poté následuje kapitola s vizualizací 3D modelu. V další fázi se práce zabývá pevnostní analýzou základního rámu a tlačné plotny metodou konečných prvků, kinematickými rozbory a kontrolou nosných svarových spojů. V závěru je zhodnocena celá práce i konstrukce zařízení.

Annotation

GRYGAŘÍK, M. *Hydraulic Wood Splitter Mounted behind a Tractor: diploma thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2019, 54 p. Thesis head: NĚMČEK, M.

The diploma thesis describes specified issues. It is followed by research which contains the analysis of conformable devices available on the market. The research also contain a mention about the conditionals of traffic of Hydraulic Wood Splitter Mounted behind a Tractor. Further the thesis includes design of the construction of Hydraulic Wood Splitter Mounted behind a Tractor, its involvement to tractor, design of splitter machinery, surface finish, reflective elements and assignment of maximum load. Then follows the chapter with visualisation of 3D model of device. The following part of the thesis deals with the strength analysis of basic frame and press griddle using the finite element method, kinematic analysis and the strength check of the supporting welds. The conclusion evaluates the entire work and construction of the device.

Obsah

Seznam použitého značení, symbolů a zkratk	5
1. ÚVOD.....	8
2. REŠERŠE	9
2.1 Tříbodový závěs traktoru a zapojení hydraulické štípačky v něm.....	10
2.2 Vnější hydraulický okruh traktoru a vývodový hřídel	12
2.3 Průzkum trhu.....	13
2.3.1 Vertikální hydraulické štípačky za traktor	13
2.3.2 Horizontální hydraulické štípačky za traktor	16
2.4 Štípací klíny	18
2.5 Transport pracovních strojů po pozemních komunikacích.....	18
3. KONSTRUKCE.....	19
3.1 Základní rám	20
3.1.1 Nosný rám tříbodového závěsu.....	20
3.1.2 Rám štípacího mechanismu	20
3.2 Připojovací části.....	21
3.3 Štípací mechanismus.....	22
3.3.1 Vedení	22
3.3.2 Tlačná plotna.....	23
3.3.3 Hydraulický pohon a jeho komponenty	23
3.3.4 Nakládací plošina	27
3.4 Štípací klíny	28
3.5 Povrchová úprava a reflexní prvky	29
3.6 Určení celkové hmotnosti konstrukce	30
4. MODEL HYDRAULICKÉ ŠTÍPAČKY DŘEVA ZA TRAKTOR.....	31
5. VÝPOČTY.....	32
5.1 Pevnostní analýza připojovacích částí	32
5.2 Pevnostní analýza tlačné plotny.....	33

5.3 Kinematické rozborů a kontroly stability	34
5.3.1 Určení polohy těžiště traktoru z poměru hmotnosti na nápravu	35
5.3.2 Kontrola na překlopení traktoru dozadu	36
5.3.3 Kontrola na sklouznutí traktoru ve svahu	38
5.3.4 Kontrola na převrácení traktoru do boku ve svahu	39
5.4 Kontrola svarového spoje a kontrola nosného čepu	41
5.4.1 Svarový spoj připojovací konzoly a základního rámu	41
5.4.2 Kontrola nosného čepu	45
6. ZÁVĚR	47
6. LITERATURA A ZDROJE.....	49
Seznam příloh	54

Seznam použitého značení, symbolů a zkratek

a	Vzdálenosti polohy těžiště traktoru od osy zadního kola	[mm]
a_{\max}	Poloha těžiště	[m]
a_{sv}	Šířka svaru	[mm]
b	Vzdálenost polohy těžiště štípačky od osy zadního kola	[mm]
b_k	Šířka konzoly	[mm]
b_{sv}	Délka svaru na kratší straně konzoly	[mm]
b_x	Délka stykové plochy nosného čepu a koule ramena zadní hydrauliky	[mm]
c	Polovina šířky traktoru	[mm]
d	Průměr čepu	[mm]
e_l	Vzdálenost těžiště od namáhaného místa	[mm]
e_x	Poloha těžiště ve směru osy x	[mm]
e_y	Poloha těžiště ve směru osy y	[mm]
f	Součinitel adheze pneumatik	[-]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
h_{sv}	Délka svaru na delší straně konzoly	[mm]
$h_{žsv}$	Délka svaru žebra	[mm]
k	Koeficient bezpečnosti	[-]
$k_{\sigma o}$	Bezpečnost v ohybu	[-]
k_s	Statická bezpečnost	[-]
k_3, k_4	Převodní součinitele	[-]
l_k	Délka konzoly	[mm]
$l_ž$	Délka žebra	[mm]
m	Celková hmotnost	[kg]
m_p	Hmotnost štípačky	[kg]
m_T	Hmotnost traktoru	[kg]
p	Tlak ve stykové ploše	[MPa]
p_D	Dovolený tlak	[MPa]
s	Šířka traktoru	[mm]
t_k	Tloušťka konzoly	[mm]
$t_ž$	Tloušťka žebra	[mm]

x_a	Vzdálenost od předního konce traktoru po osu předního kola	[mm]
x_b	Rozvor kol	[mm]
x_c	Vzdálenost od osy zadního kola po osu koule v rameni zadní hydrauliky	[mm]
x_d	Vzdálenost od osy koule v rameni zadní hydrauliky po těžiště štípačky	[mm]
x_I	Vzdálenost od předního konce do těžiště traktoru	[mm]
x_{II}	Vzdálenost od těžiště traktoru po zadní konec traktoru	[mm]
x_1	Délka traktoru	[mm]
x_2	Délka štípačky	[mm]
x_3	Celková délka soupravy	[mm]
F_a	Axiální síla	[N]
F_N	Normální síla	[N]
$F_{N\check{C}}$	Síla působící na nosný čep	[N]
$F_{P\check{R}}$	Síla, která převrací traktor	[N]
G	Tíhová síla	[N]
J_x	Moment setrvačnosti činného průřezu	[mm ⁴]
L	Délka čepu	[mm]
L_c	Celková délka neseného víceúčelového přepravníku	[mm]
$L_{F\check{C}}$	Funkční délka čepu	[mm]
L_T	Vzdálenost zatěžující síly od těžiště připojovací konzoly	[mm]
L_x	Vzdálenost čelního okraje připojovací konzoly od čelního okraje rámu	[mm]
M	Moment	[N·m]
N_A	Normálová síla v bodě A	[N]
N_B	Normálová síla v bodě B	[N]
R	Reakční síla	[N]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
S_p	Velikost stykové plochy	[mm ²]
T	Značka těžiště	[-]
T_A	Tečná síla v bodě A	[N]
T_1	Těžiště traktoru	[-]
T_2	Těžiště štípačky	[-]
β	Součinitel velikosti svaru	[-]
β_T	Úhel vyjadřující svahovou dostupnost traktoru	[°]
$\beta_{\sigma o}$	Vrubový součinitel pro hladký, jemně opracovaný čep bez vrubu	[-]
σ_{CO}	Mez únavy	[MPa]

σ_{CO}^*	Únavová mez pevnosti	[MPa]
σ_O	Ohybové napětí	[MPa]
σ_{RED}	Redukované napětí	[MPa]
η_{po}	Součinitel jakosti povrchu součásti pro ohyb	[-]
τ_{II}	Rovnoběžné napětí koutového svaru	[MPa]
τ_O	Ohybové napětí koutového svaru	[MPa]
τ_S	Dovolené napětí	[MPa]
$\nu_{\sigma O}$	Součinitel vlivu velikosti součásti při ohybu	[-]

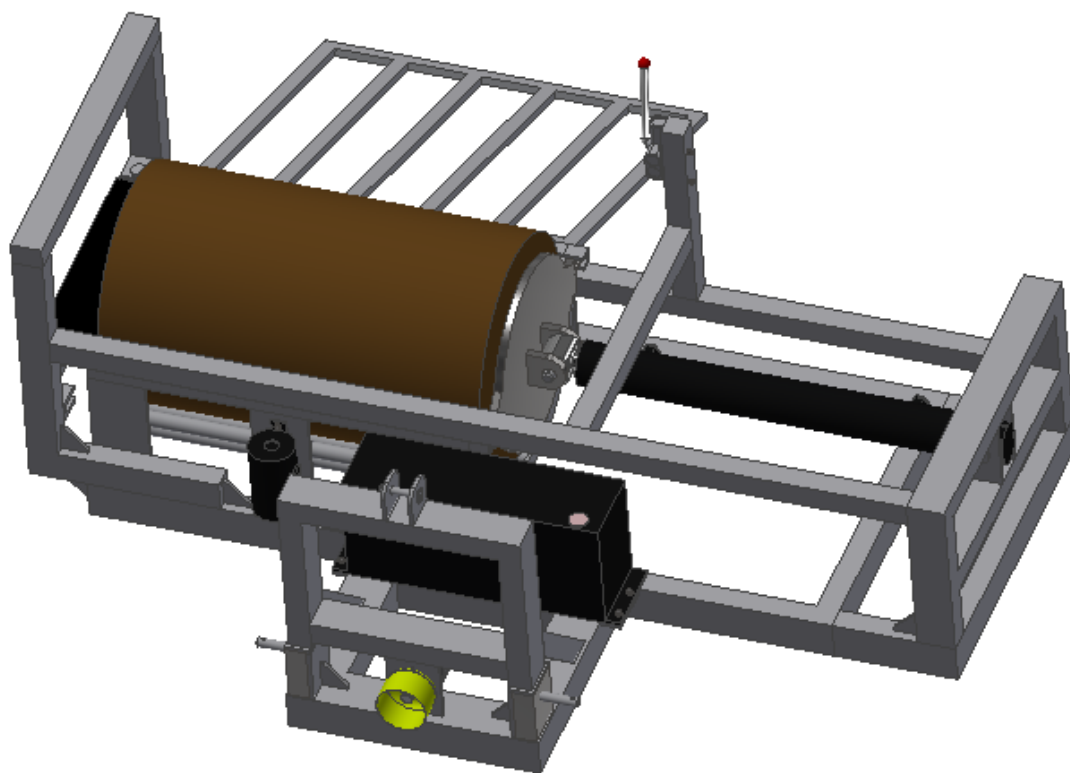
1. ÚVOD

Přestože na trhu existuje řada hydraulických štípaček dřeva za traktor, tak lze vytvořit nový typ. Takový, který přesně splní požadované podmínky zákazníka, ale hlavně bude podstatně levnější.

Znamená to navrhnout velmi účelnou a jednoduchou konstrukci, která však splní současně všechny pevnostní a bezpečnostní kritéria. Její obsluha a transport bude jednoduchá.

Cíle práce tedy jsou:

- přesná definice navrhované štípačky tak, aby splňovala zadání
- její konstrukční návrh včetně různých typů štípacích klínů
- pevnostní kontrola kritických částí
- kontrola stability sestavy: traktor + štípačka



Obr. 1.1 – Hydraulická štípačka dřeva za traktor

2. REŠERŠE

Hydraulická štípačka dřeva za traktor je mechanické strojní zařízení, které slouží ke štípání dřevěných polen určených na topení. Obecně existují 3 typy hydraulických štípaček: hydraulické štípačky poháněné elektromotorem, hydraulické štípačky poháněné vlastním spalovacím motorem a hydraulické štípačky za traktor. V praxi slouží tyto stroje k usnadnění práce, zvýšení její efektivity a také ke snížení výrobních nákladů palivového dřeva. Štípací síla těchto zařízení bývá uváděna v tunách. [3]

Hydraulické štípačky dřeva za traktor jsou k traktoru připojeny pomocí tříbodového závěsu. Dělí se podle typu pohonu na dvě základní kategorie. První kategorii tvoří hydraulické štípačky bez vlastního hydromotoru. Toto zařízení mají jednodušší konstrukci. Skládají se pouze z rámu, klínu, hydraulického pístu a ovládání. Hydraulický píst je pomocí tlakové hydraulické hadice napojen přímo na vnější hydraulický okruh traktoru. Tento typ je používán zejména u menších, méně výkonných štípaček. Výkon je totiž omezen možnostmi hydraulického čerpadla traktoru, což představuje jednu z nevýhod. Další nevýhodou je skutečnost, že ne každý traktor má vyveden vnější hydraulický okruh. Druhou kategorii představují hydraulické štípačky s vlastním hydromotorem. Konstrukce je podobná jako u předchozího typu jen s tím rozdílem, že je součástí konstrukce je i hydromotor. Hydromotor je přes kardan připojen k vývodovému hřídeli traktoru a pohon zařízení tedy zajišťuje samotný spalovací motor traktoru. Tento typ konstrukce je velice výhodný, neboť je pak možné připojit zařízení k téměř každému traktoru, který má tříbodový závěs a vývodový hřídel. Pro pohon hydromotoru štípačky postačuje výkon traktoru od 15 kW a výstupní otáčky 540 min^{-1} . Tyto podmínky splní jakýkoliv traktor od 15 kW výkonu i na volnoběh.

Hydraulické štípačky dřeva za traktor se dělí do dvou základních skupin: vertikální štípačky dřeva a horizontální štípačky dřeva. Rozdíl spočívá v tom, jakým způsobem se pohybuje hydraulický píst, respektive v jaké poloze je poleno štípáno. Vertikální štípačky fungují tak, že klín, který je pevně spojen s hydraulickým pístem, se pohybuje ve směru shora dolů. Nevýhodou tohoto provedení je vysoká pracovní výška stroje. Horizontální štípačky fungují tak, že poleno leží vodorovně a je štípáno ve vodorovném směru. U horizontálních štípaček existují dva možné způsoby řešení samotného štípání. První možností je, že na jednom konci rámu se nachází plotna, o kterou se poleno opře, a z druhé strany se pohybuje klín s pístem směrem k plotně. Druhou možností je, že na jednom konci rámu je pevně připevněný klín, o který se poleno opírá, a z druhé strany se pohybuje plotna pevně připojená k hydraulickému pístu, která se pohybuje směrem k pevnému klínu.

2.1 Tříbodový závěs traktoru a zapojení hydraulické štípačky v něm

Tříbodový závěs je součást traktoru, která slouží k připojení zejména nesených pracovních strojů, jako je například hydraulická štípačka dřeva. Rozlišuje se tříbodový závěs přední a tříbodový závěs zadní. Zadní tříbodový závěs je součástí každého traktoru, naopak přední tříbodový závěs není zdaleka na každém traktoru. Jedná se totiž o příplatkovou výbavu. Princip obou typů tříbodových závěsů je stejný.

Tříbodový závěs se skládá ze dvou ramen hydrauliky a třetího, tzv. pevného bodu. Ramena hydrauliky zajišťují zvednutí připojeného zařízení ze země až do maximální hodnoty zdvihu dané hydrauliky. Maximální hodnota zdvihu není stejná u všech traktorů. Je závislá na rozměrech traktoru, výkonu traktoru, výkonu jeho hydraulického čerpadla, provozní hmotnosti traktoru a délce ramen hydrauliky. Ramena hydrauliky jsou po připojení pracovního stroje, respektive hydraulické štípačky, zajištěna proti pohybu do stran pomocí dvou táhel. Každé z ramen zajišťuje jedno táhlo, které je na jednom konci uchyceno v držáku na rámu traktoru a na druhém konci je přichyceno k rameni hydrauliky.

Hydraulická štípačka je v tříbodovém závěsu traktoru uchycena pomocí dvou nosných čepů. Tyto čepy jsou uloženy v tzv. koulích v ramenech hydrauliky traktoru a proti vypadnutí jsou zajištěny závlačkou. Třetí bod traktoru a zařízení je spojen pomocí táhla, přes které jsou na obou koncích prostrčeny čepy a zajištěné závlačkou. [2]



Obr. 2.1 – Zadní tříbodový závěs traktoru Zetor Major 80 [1]



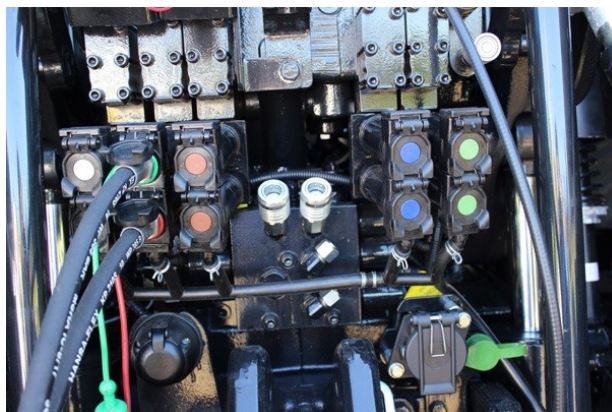
Obr. 2.2 – Přední tříbodový závěs traktoru Fendt 716 Vario



Obr. 2.3 – Ukázka připojení a zajištění připojovacích částí pracovního stroje
v zadním tříbodovém závěsu traktoru Fiat 550

2.2 Vnější hydraulický okruh traktoru a vývodový hřídel

Vnější okruh hydrauliky traktoru se používá jako pohon připojených pracovních strojů. Dodává energii ve formě tlakové kapaliny nejčastěji pro přímočaré motory (například hydraulický válec štípačky dřeva), nebo také například energii k pohonu rotačních hydraulických motorů (například pro půdní vrták za traktor). Spojení pracovních strojů s vnějším okruhem hydrauliky traktoru je zajištěno pomocí tlakových hadic a rychlospojek. [4]



Obr. 2.4 – Vnější hydraulický okruh traktoru New Holland T7. 315 [5]

Vývodový hřídel traktoru, zkráceně PTO, zajišťuje poskytování výkonu agregovaným pracovním strojům připojeným k traktoru. Rozsah výstupní otáček ve 2 předřazených rychlostech je 540 min^{-1} a 1000 min^{-1} . Pro pohon hydraulických štípaček se používá 540 min^{-1} . Výstupní hřídel je zakončen rovnobokým drážkováním, na které se nasune a zajistí kardan, jinak řečeno náhon, kterým se propojí PTO s poháněným připojeným pracovním strojem. [4]



Obr. 2.5 – Pohled na zadní vývodový hřídel traktoru Zetor 6945

2.3 Průzkum trhu

V této kapitole jsou uvedeny konkrétní výrobky dostupné na trhu. Je zde uveden souhrn tuzemských i zahraničních výrobků různých značek.

2.3.1 Vertikální hydraulické štípačky za traktor

- Vertikální štípačka dřeva KR PAN CV 22 [6]
 - pohon: kardan
 - síla štípání: 21 t
 - zdvih pístu: 970 mm
 - olejová náplň: 40 l
 - požadovaný výkon traktoru: 27 kW / 37 HP
 - hmotnost: 445 kg
 - rozměry Š x D x V_x(V): 805 x 1260 x 2850 (1850) mm
 - maximální výška polena: 1200 mm



Obr. 2.6 – Štípačka KR PAN CV 22 v provozu [6]

Obr. 2.7 – Štípačka KR PAN CV 22 – Slovinsko [6]

- Vertikální štípačka dřeva BYSTROŇ JOLLY HYDRA 10 t [7]
 - pohon: vnější hydraulický okruh traktoru
 - síla štípání: 10 t
 - zdvih pístu: 900 mm
 - požadovaný výkon traktoru: 20 kW / 30 HP
 - hmotnost: 230 kg
 - rozměry Š x D x V: 750 x 700 x 2450 mm
 - maximální výška polena: 1100 mm



Obr. 2.8 – Štípačka BYSTROŇ JOLLY HYDRA 10 t [7]

- Vertikální štípačka dřeva BYSTROŇ KING KARDAN 20 t [8]
 - pohon: kardan
 - síla štípání: 20 t
 - zdvih pístu: 1000 mm
 - požadovaný výkon traktoru: 30 kW / 45 HP
 - hmotnost: 400 kg
 - rozměry Š x D x V: 800 x 800 x 2750 mm
 - maximální výška polena: 1200 mm



Obr. 2.9 – Štípačka BYSTROŇ KING KARDAN 20 t [8]

2.3.2 Horizontální hydraulické štípačky za traktor

- Horizontální štípačka dřeva DABAKI WX 350 [9]
 - pohon: vnější hydraulický okruh traktoru
 - síla štípání: 20 t
 - požadovaný výkon traktoru: 15 kW / 23 HP
 - hmotnost: 145 kg
 - rozměry Š x D x V: 750 x 1300 x 550 mm
 - maximální výška polena: 1000 mm



Obr. 2.10 – Štípačka DABAKI WX 350 [9]



Obr. 2.11 – Detail tlačné plochy pístu štípačky DABAKI WX 350 [9]

- Horizontální štípačka dřeva s jeřábem pro nakládání dřeva
SPLITMASTER 55 CRANE [10]
 - tažená štípačka zapojena do tříbodového závěsu
 - pohon: kardan
 - síla štípání: 55 t
 - požadovaný výkon traktoru: 50 kW / 75 HP
 - hmotnost: 4680 kg
 - maximální délka polena: volitelná (max. 1250 mm)



Obr. 2.12 – Horizontální štípačka dřeva s jeřábem pro nakládání dřeva
SPLITMASTER 55 CRANE – Německo [10]



Obr. 2.13 – Detail tlačné plotny [10]



Obr. 2.14 – Detail štípacího klínu [10]

2.4 Štípací klíny

Štípací klíny se dělí na pevné a variabilní dle typu konstrukce hydraulické štípačky. Variabilní štípací klíny se volí dle průměru štípaného polena s ohledem na to, na kolik dílů má být poleno rozštípnuto. Základními typy jsou: klín rozšiřovací a klín čtyřramenný.



Obr. 2.15 – Štípací klín rozšiřovací [11]



Obr. 2.16 – Štípací klín čtyřramenný [12]

2.5 Transport pracovních strojů po pozemních komunikacích

Provoz nesených přípojných zařízení traktoru určuje zákon č. 341/2014 Sb.: „Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.“ Na základě tohoto zákona spadají nesené hydraulické štípačky za traktor do kategorie SN.

Pokud zařízení svými rozměry nezakrývá zadní světla traktoru a SPZ, potom postačuje umístit na nejzazší bod zařízení odnímatelnou odrazku červené barvy. V případě, že je zařízení širší než traktor, potom je nutné označit rohy zařízení reflexními odrazovými tabulemi zepředu i zezadu. [2] [13]



Obr. 2.17 – Odnímatelná červená odrazka [14]



Obr. 2.18 – Reflexní odrazová tabule [15]

3. KONSTRUKCE

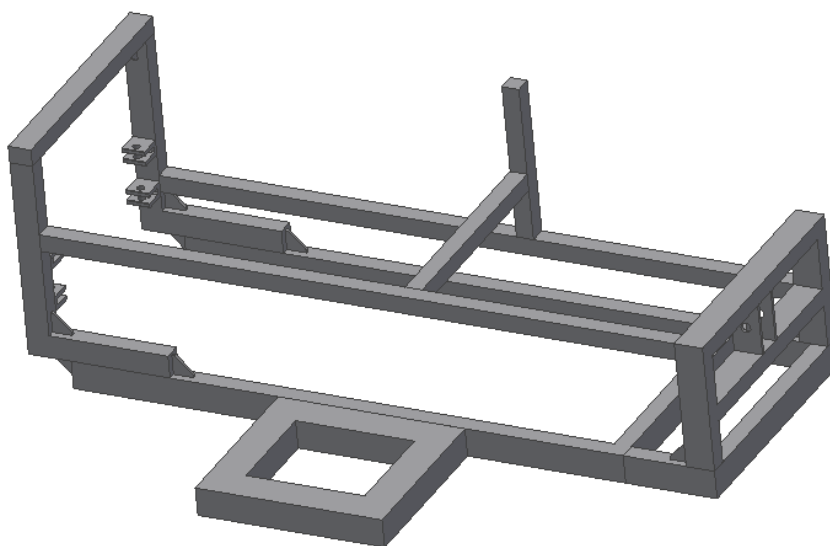
Konstrukci hydraulické štípačky za traktor jsem navrhnul tak, že štípačka bude horizontální a klín pevný. Rozhodl jsem se tak po pečlivém zvážení mnoha variant konstrukce. Zvolil jsem typ konstrukce, která je odlišná od těch, které jsou dostupné na trhu.

S ohledem na zadání práce, ve kterém jsou jasné dané parametry štípaného polena, jsem se rozhodl pro horizontální konstrukci s tlačnou plotnou a nehybným měnitelným klínem. Takto konstruované zařízení je dle mého názoru nejlepší možná varianta, a to zejména s ohledem na manipulaci se štípaným polenem. Horizontální štípačky mají nespornou výhodu v tom, že poleno je štípáno ve vodorovné poloze. V případě větších a těžších polen je to rozhodně lepší varianta s ohledem na obsluhu zařízení. Při této variantě totiž obsluha nemusí poleno zvedat, ale pouze ho otáčí kolem osy, což je méně fyzicky náročné. Obsluha si při umísťování polena na štípačku může pomoci tzv. dřevorubeckou lopatkou s obracákem (viz. obr. 3.13), pomocí které je možné za použití minimální vynaložené síly otáčet a manipulovat s poleny. V praxi se tyto dřevorubecké lopatky s obracákem používají v lese při těžbě dřeva k otáčení celých kmenů při odvětvování, nebo například na pilách při pořezu kulatiny na pásové pile, tzv. katru.

Oproti ostatním hydraulickým štípačkám dřeva za traktor, které jsou horizontální a jsou nesené, má mnou navržená štípačka několik zásadních odlišností. Například samotná orientace štípaného polena je odlišná. Na trhu dostupná zařízení jsou uzpůsobena tak, že pomyslná osa štípaného polena je rovnoběžná s pomyslnou osou zadního vývodového hřídele traktoru. V případě mnou navržené konstrukce, jsou tyto osy navzájem kolmé. Dle mého názoru s ohledem na používání zařízení v terénu, je lepší délkově kratší konstrukce o přibližně stejné šíři, jako je traktor. Na trhu dostupné štípačky jsou spíš úzké a dlouhé, což je dle mého názoru nevýhodné i s ohledem na zatížení štípačky polenem. Při štípání velkých a těžkých polen v terénu roste riziko na překlopení traktoru dozadu. Další výraznou odlišností mé konstrukce je sklopná nakládací rampa. Po této rampě obsluha může nakulit až do vedení, ve kterém je poleno umístěno při samotném štípání. Dle mého názoru je tento typ konstrukce výhodnější.

3.1 Základní rám

Základní rám hydraulické štípačky dřeva za traktor je tvořen ze dvou svařenců, které jsou navzájem svařeny. Skládá se z nosného rámu třibodového závěsu a z rámu štípacího mechanismu. Materiál použitých konstrukčních profilů je 11 353. Celková délka základního rámu je 1480 mm a celková šířka rámu je 2423 mm. [17] [19]



Obr. 3.1 – Základní rám hydraulické štípačky dřeva za traktor

3.1.1 Nosný rám třibodového závěsu

Nosný rám je jednoduchý svařenec obdélníkového tvaru o rozměrech 660 x 600 mm. Tento rám slouží jako základ pro připojovací části zařízení, a proto je zhotoven velmi robustně z obdélníkového profilu 120x60x6. K nosnému rámu je následně přivařen rám štípacího mechanismu.

3.1.2 Rám štípacího mechanismu

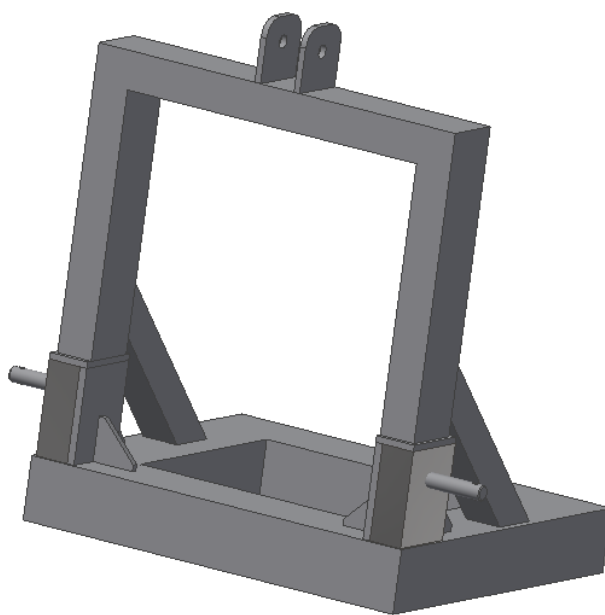
Jedná se o svařenec z obdélníkového profilu 100x60x5 a z obdélníkového profilu 60x60x3. Tento rám tvoří základ pro štípací mechanismus. Kritická místa jsou zesílena pomocí žebér vyrobených z pásoviny 80x10. Součástí tohoto rámu jsou předpřipravené úchyty pro umístění hydraulického válce, štípacího klínu a sloupku pro ovládání. Tento rám je přivařen pomocí několika průběžných svarů k nosnému rámu.

3.2 Připojovací části

Připojovací části slouží k připojení zařízení do tříbodového závěsu traktoru. Nejdůležitějšími prvky jsou dva nosné čepy o průměru 25 mm a čep třetího bodu o průměru 20 mm. Nejvíce namáhanými prvky jsou oba nosné čepy, které po připojení za traktor nesou celou hmotnost zařízení.

Nosný čep je uložen ve svařené konzoli, která se skládá z profilu U 120 a pásoviny 120x10. Svařená konzola je z horní strany zaslepena krytem z pásoviny. Samotný nosný čep je uložen v otvoru provrtaném skrz dvě stěny konzoly. Nosný čep je přivařen ke konzole po obvodu děr na její vnější straně. Nosný čep je opatřen dírou pro závlačku.

Svařené konzoly jsou přivařeny k nosnému rámu tří-bodového závěsu a to tak, aby oba čepy byly orientovány ven od rámu a byly v jedné ose. K těmto konzolám je následně přivařen rám třetího bodu, který je zhotoven z obdélníkového profilu 100x60x5. K rámu třetího bodu jsou následně přivařeny držáky čepu třetího bodu zhotovené z pásoviny 100x10. V držácích je otvor o průměru 22 mm, do kterého se následně umístí čep třetího bodu o průměru 20 mm a zajistí se závlačkou. Rám třetího bodu je zpevněn pomocí dvou vzpěr z obdélníkového profilu 60x60x3 a svařené konzoly jsou zpevněny pomocí žeber z pásoviny 80x10. Osová vzdálenost mezi nosnými připojovacími čepy a čepem třetího bodu je 600 mm. Materiál použitých konstrukčních profilů je 11 353 a materiál čepů je 11 523. [2] [17] [19]



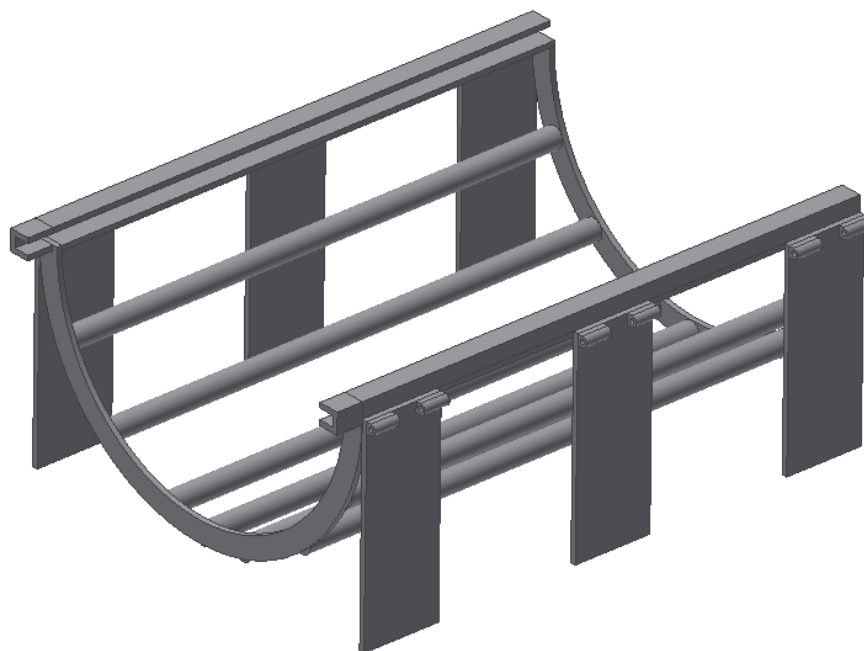
Obr. 3.2 – Připojovací části hydraulické štípačky dřeva za traktor

3.3 Štípací mechanismus

Rozhodl jsem se pro horizontální konstrukci štípačky s pevným klínem a tlačnou plotnou. Štípací mechanismus mé konstrukce lze rozdělit na 4 části: vedení, tlačnou plotnu, hydraulické komponenty a nakládací plošinu. Štípačka je poháněna hydromotorem, který je poháněn přes kardan zadním vývodovým hřídelem traktoru.

3.3.1 Vedení

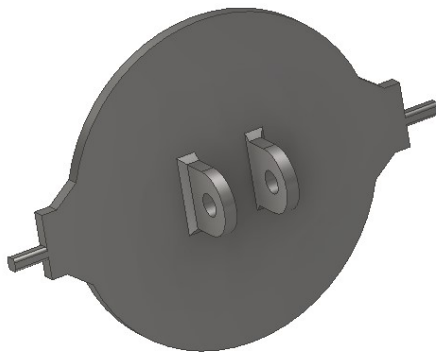
Vedení má tvar půlkruhu a slouží k navedení štípaného polena na štípací klín po určené dráze. Vedení se skládá ze dvou půlkruhových polotovarů z plechu, dále z kulatin o průměru 40 mm a vodítek pro tlačnou plotnu z U-profilu. Půlkruhové polotovary jsou zhotoveny z plechu o tloušťce 10 mm z materiálu 17 125, který je vypálen laserem do požadovaného tvaru. K polotovarům jsou přivařeny kulatiny z materiálu 11 523 a vodítka pro tlačnou plotnu z materiálu 11 373. Celý svařenec vedení je přivařen k držákům z pásoviny 150x10 z materiálu 11 375, které jsou na druhém konci přivařeny k základnímu rámu. Součástí rámu jsou rovněž panty, ve kterých je uložena nakládací plošina.



Obr. 3.3 – Vedení hydraulické štípačky dřeva za traktor

3.3.2 Tlačná plotna

Tlačná plotna slouží k protlačení polena přes štípací klín. Je opatřena dvěma náběhy na bocích, které se pohybují ve vodičkách z U-profilu. Ze zadní strany jsou k tlačné plotně přivařeny držáky z pásoviny, které jsou opatřeny otvorem pro spojovací čep. Pomocí spojovacího čepu je tlačná plotna spojena s hydraulickým válcem. Samotná tlačná plotna je zhotovena z plechu o tloušťce 20 mm a na požadovaný tvar je vypálena pomocí laseru. Materiál těla tlačné plotny je 17 125 a materiál držáků je 11 375.



Obr. 3.4 – Tlačná plotna

3.3.3 Hydraulický pohon a jeho komponenty

Hydraulická štípačka je poháněna pomocí hydromotoru. Ten je poháněn přes kardan pomocí zadního vývodového hřídele traktoru. Hydromotor generuje hydraulickou energii a pohání hydraulický válec. Hydraulický pohon se skládá z hydromotoru, olejového filtru, nádrže, rozváděče, hydraulického válce, hydraulických hadic a ostatního příslušenství. Celkový objem olejové náplně zařízení je 45 litrů. Pro provoz jsem zvolil hydraulický olej OHHM 46. Všechny zvolené komponenty hydraulického pohonu jsou nakoupené díly. [20]



Obr. 3.5 – Hydraulický olej Autex OHHM 46 [26]

- Hydromotor s kardanovým vývodem [21]
 - pohon: kardan
 - maximální stálý průtok: 75 l /min
 - maximální stálý tlak: 17,5 MPa
 - maximální otáčky: 850 min⁻¹
 - hmotnost: 14,3 kg
 - připojovací rozměr pro rychlospojku: 1/2"



Obr. 3.6 – Hydromotor SMS 80 s kardanovým vývodem [21]

- Rotační hydraulický rozváděč [16]
 - maximální stálý průtok: 120 l /min
 - maximální stálý tlak: 22 MPa
 - hmotnost: 8,7 kg
 - připojovací rozměr pro rychlospojku: 3/4"



Obr. 3.7 – Rotační hydraulický rozváděč G 3/4" [16]

- Standardní dvoučinný hydraulický válec [22]
 - síla v tahu: 8,8 t při 15 MPa
 - síla v tlaku: 11,7 t při 15 MPa
 - vnitřní průměr válce v mm: 100 mm
 - průměr pístnice: 50 mm
 - pracovní tlak: 15 MPa
 - hmotnost: 42 kg
 - přípojovací rozměr pro rychlospojku: 3/8"



Obr. 3.8 – Standardní dvoučinný hydraulický válec [22]

- Filtr hydrauliky s vložkou [23]
 - maximální možný průtok: 48 l /min
 - filtr: 30 μ
 - přípojovací rozměr pro rychlospojku: 3/4"



Obr. 3.9 – Filtr hydrauliky s vložkou [23]

- Nádrž hydraulického oleje [24]
 - objem nádrže: 45 l
 - rozměry: 600 x 250 x 400 mm



Obr. 3.10 – Nádrž hydraulického oleje [24]

- Hydraulické hadice a ostatní příslušenství [25]
 - hydraulické hadice
 - spojky hydraulických hadic
 - redukce hydraulických hadic

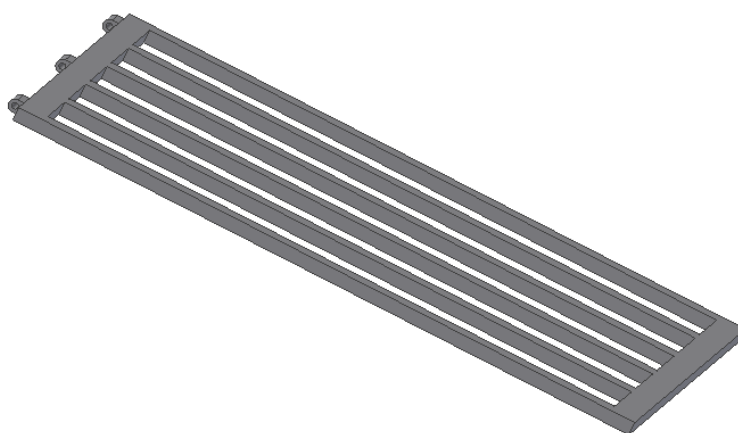


Obr. 3.11 – Hydraulické hadice a ostatní příslušenství [25]

3.3.4 Nakládací plošina

Nakládací plošina je jednoduchý svařenec z obdélníkového profilu 40x20x3. Je uložena v pantech na vedení. Tato plošina je sklopná a slouží k naložení štípaného polena do vedení štípačky. Při transportu zařízení musí být tato plošina zvednuta v kolmé poloze. Materiál použitého konstrukčního profilu je 11 353. [17]

Pro usnadnění nakládání, zejména rozměrnějších a těžších polen, lze použít tzv. dřevorubeckou lopatku s obracákem (viz. obr. 3.13).



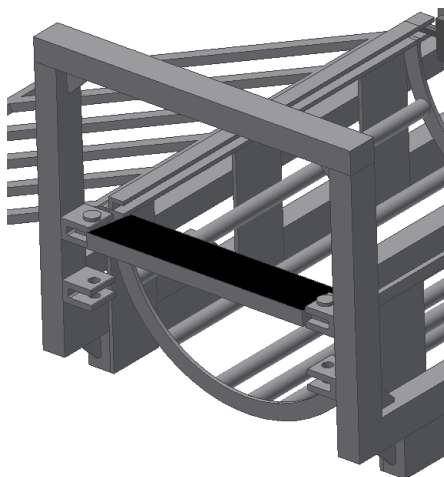
Obr. 3.12 – Nakládací plošina



Obr. 3.13 – Dřevorubecká lopatka s obracákem Husqvarna [27]

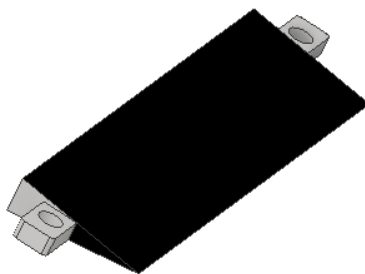
3.4 Štípací klíny

V navržené konstrukci hydraulické štípačky dřeva za traktor lze použít několik typů štípacích klínů. Klíny jsou uchyceny k rámu štípačky ve 2 držácích a jsou zajištěny čepy se závlačkou. Průměr zajišťovacího čepu je 25 mm. Na rámu jsou 2 sady držáků, aby bylo možné umístit klín do 2 různých poloh, respektive výšek.

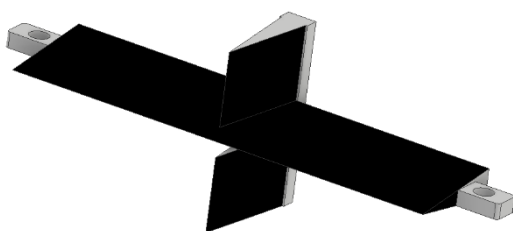


Obr. 3.14 – Detail uchycení štípacího klínu

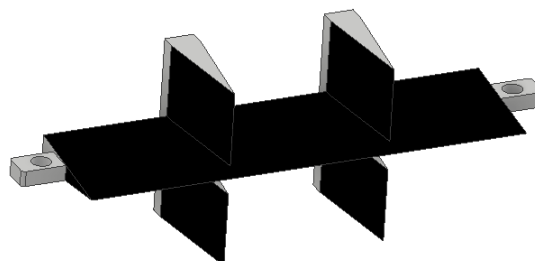
Navrhnul jsem celkem 3 typy štípacích klínů, tak aby byl počet dílů polena po rozštípání co nejvíce variabilní. Typy klínu: rozšiřovací, čtyřramenný a víceramenný. Štípací klíny jsou zhotoveny z materiálu 11 523.



Obr. 3.15 – Rozšiřovací klín



Obr. 3.16 – Čtyřramenný klín



Obr. 3.17 – Víceramenný klín

3.5 Povrchová úprava a reflexní prvky

Důležitou součástí každé konstrukce je povrchová úprava. Povrchová úprava prodlužuje životnost a zabraňuje korozi. Dále také dodává celé konstrukci dobrý estetický vzhled. Povrchovou úpravu hydraulické štípačky za traktor tvoří nástřik 5 vrstev antikorozní syntetické barvy. Z toho dvě vrstvy základní antikorozní barvy výrobce Universal Lesk, odstín RAL 0841 červenohnědá, o celkové vrstvě minimálně 120 μm . Další 3 vrstvy jsou tvořeny vrchní antikorozní barvou výrobce Komaprim 3v1 Báze, odstín RAL 7016 antracitová šedá, o celkové tloušťce minimálně 180 μm . Celkově se tak vznikne vrstva nátěru o minimální tloušťce 300 μm . Větší počet vrstev jsem zvolil záměrně, neboť barva bude vlivem provozu mechanicky odírána. Pro ředění syntetických barev se používá ředidlo S 6001 (pro stříkání). [2]

Reflexní prvky jsou na konstrukci přidány pouze při transportu zařízení po pozemních komunikacích a jsou odnímatelné. Povinnost použití reflexních prvků pro transport nesených pracovních strojů udává zákon č. 341/2014 Sb.: „Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.“

V případě tohoto zařízení postačuje umístit na nejzazší bod zařízení odnímatelnou odrazku červené barvy. Dále je nutné označit rohy zařízení, vpředu i vzadu, odnímatelnými reflexními odrazovými tabulemi. [2] [13]



Obr. 3.18 – Odnímatelná červená odrazka [14]



Obr. 3.19 – Reflexní odrazová tabule [15]

3.6 Určení celkové hmotnosti konstrukce

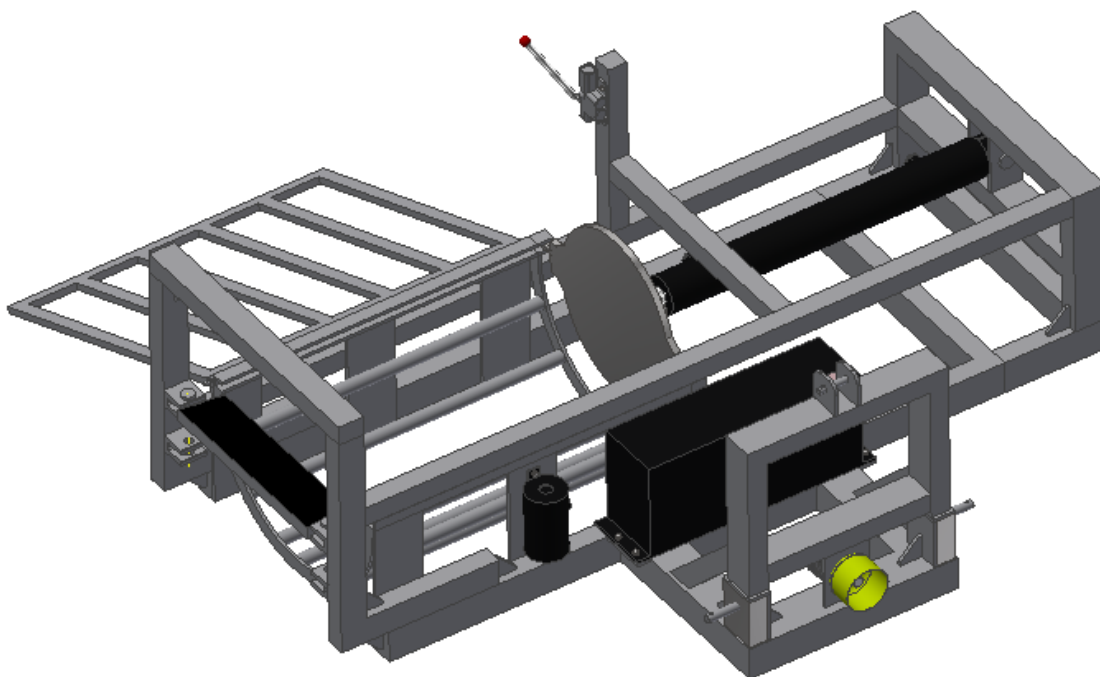
Hmotnost samotného zařízení včetně olejové náplně je zhruba 630 kg. Maximální hmotnost polena jsem určil na základě parametrů ze zadání a zjištění objemové hmotnosti dřeva. Vzal jsem v úvahu nejtěžší možné poleno, které se na štípačce může štípat. Vypočítal jsem hmotnost polena o maximálních rozměrech dle zadání z čerstvého dubového dřeva (dub cer). Objemová hmotnost tohoto dřeva je $1110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Poleno o daných rozměrech a hustotě tedy může vážit až 240 kg. Celkovou hmotnost zařízení je pak 870 kg. Jedná se o hodnotu, která s velkou rezervou splňuje maximální přípustnou hmotnost zařízení dle zadání. Hmotnost 870 kg vyvolá tíhovou sílu 8535 N. Je tedy zaručeno, že zadní hydraulika traktoru je schopna zařízení bezpečně zvednout. Například u traktoru Zetor Proxima 75 garantuje výrobce sílu zdvihu 13 000 N na páku 1500 mm (bráno od středu nosného čepu po konec zařízení). [2] [28] [29]

Dřevina	kg/m ³		
	čerstvé	na vzduchu vyschlé	uměle dosušené
Borovice lesní	700	520	510
Borovice černá	900	670	540
Bříza	940	600	590
Buk	990	720	570
Douglaska	910	570	550
Dub cer	1110	850	730
Dub letní a zimní	1000	760	660
Habr	1080	820	720
Jasan	920	720	620
Javor klen	980	660	530
Javor mléč	870	650	520
Jedle	1000	460	420
Jilmy	950	700	520
Jírovec maďal	910	570	550
Lípy	730	520	420
Modřín	760	600	460
Olše	690	520	430
Smrk	740	470	440
Topol černý	840	450	370
Trnovník akát	870	750	660
Vejmutovka	520	400	320
Vrby	1000	460	370

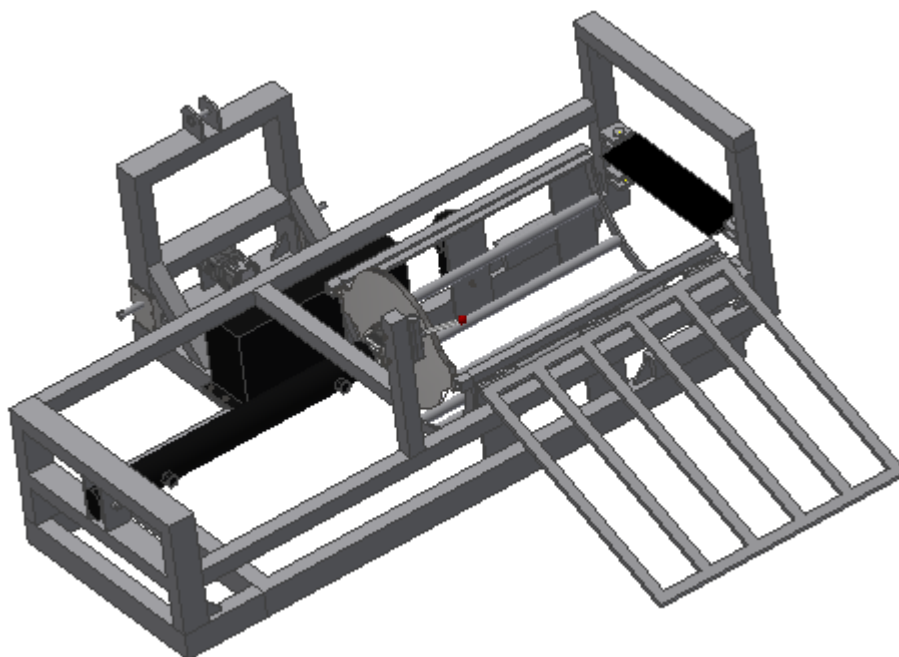
Obr. 3.20– Objemová hmotnost dřeva [29]

4. MODEL HYDRAULICKÉ ŠTÍPAČKY DŘEVA ZA TRAKTOR

3D model byl vytvořen v softwaru Autodesk Inventor 2018.



Obr. 4.1 – Hydraulická štípačka dřeva za traktor – zepředu



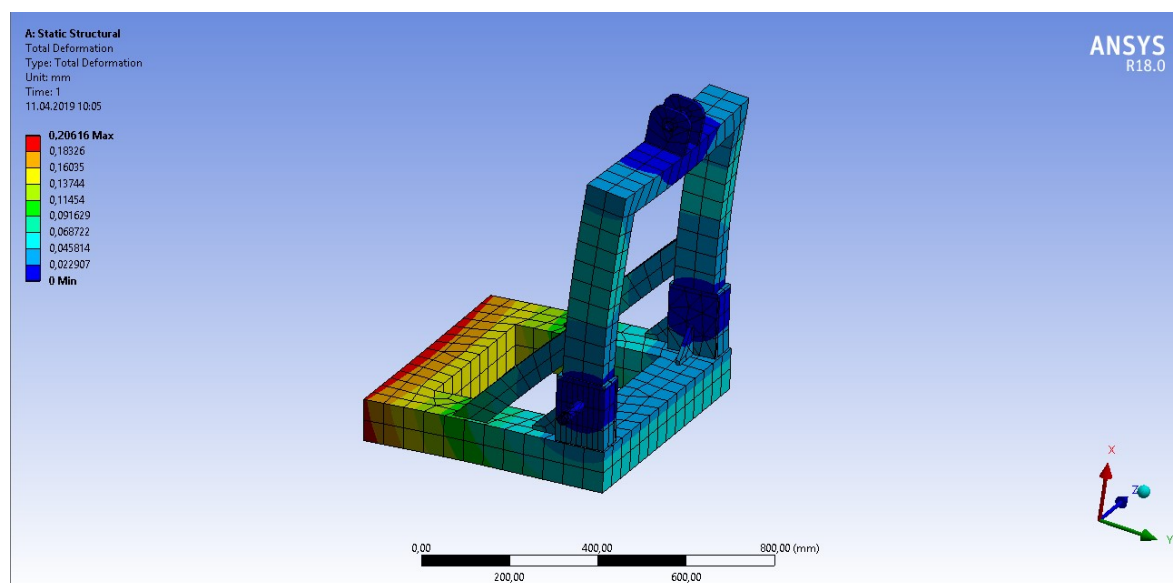
Obr. 4.2 – Hydraulická štípačka dřeva za traktor – zezadu

5. VÝPOČTY

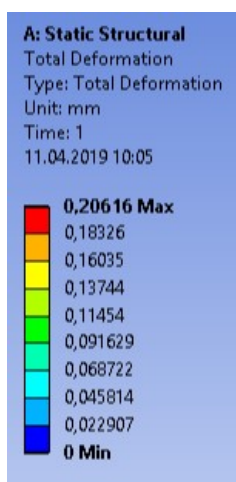
V této kapitole je uvedena pevnostní analýza připojovacích částí pomocí MKP, potřebné silové rozbor, statické kontroly nosných svarů a pevnostní analýza tlačné plotny pomocí MKP.

5.1 Pevnostní analýza připojovacích částí

Pevnostní analýza byla provedena v softwaru Ansys Workbench 18.0 a slouží ke kontrole deformace připojovacích částí v případě, že je na zařízení naloženo poleno o maximální možné hmotnosti a rozměrech. Maximální hodnota průhybu je 0,2 mm při maximálním napětí 50 MPa.



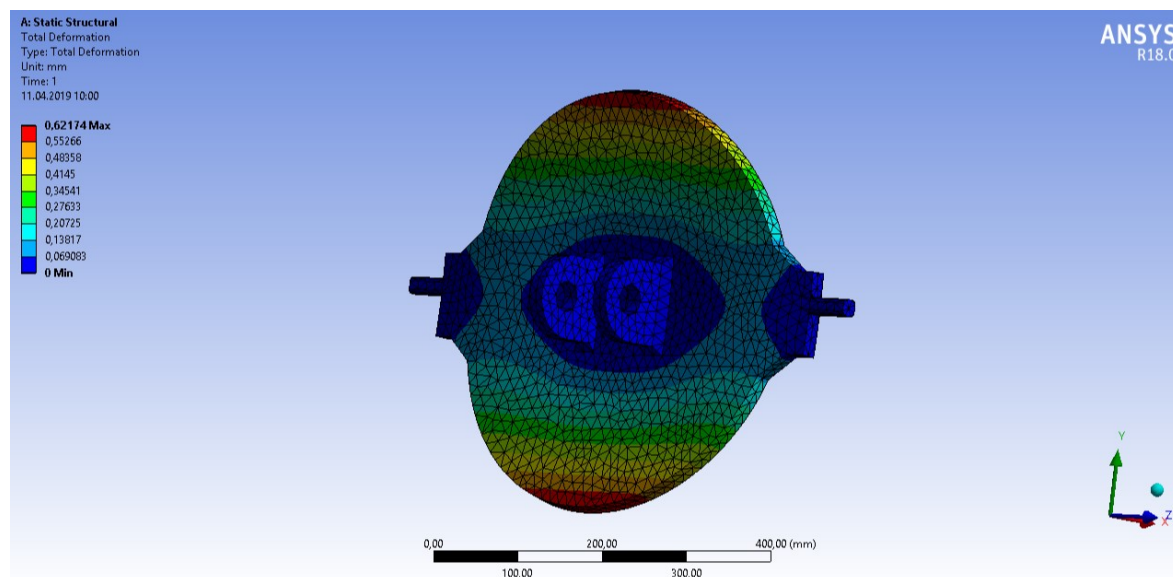
Obr. 5.1 – MKP model celkové deformace připojovacích částí hydraulické štípačky dřeva za traktor



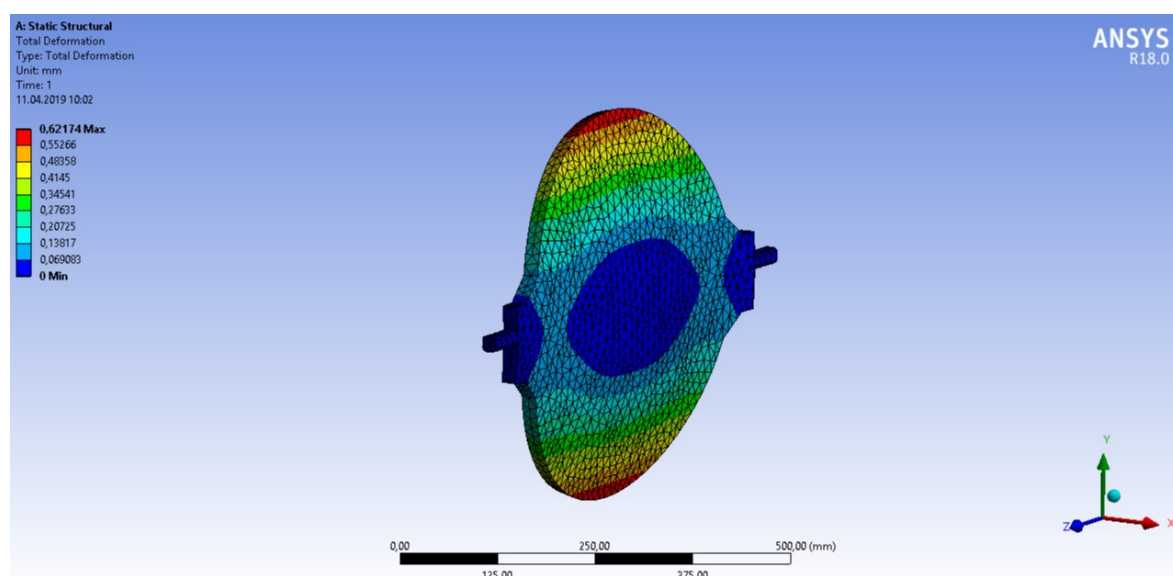
Obr. 5.2 – Detail výsledných hodnot MKP deformace připojovacích částí, průhyb v mm

5.2 Pevnostní analýza tlačné plotny

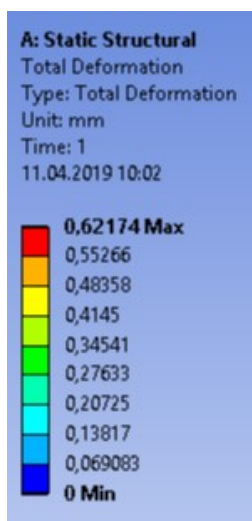
Tato pevnostní analýza byla provedena v softwaru Ansys Workbench 18.0. Slouží ke kontrole deformace tlačné plotny, jestliže na ni z jedné strany bude působit tlačná síla hydraulického válce a na druhé straně bude poleno o maximálních rozměrech, které bude protlačováno přes pevný štípací klín. Tlačná síla hydraulického válce je 114 777 N, což odpovídá 11,7 tuny. Maximální hodnota průhybu je 0,62 mm při maximálním napětí 205 MPa.



Obr. 5.3 – MKP model celkové deformace tlačné plotny hydraulické štípačky dřeva za traktor – zezadu



Obr. 5.4 – MKP model celkové deformace tlačné plotny hydraulické štípačky dřeva za traktor – zepředu



Obr. 5.5 – Detail výsledných hodnot MKP deformace tlačné plotny, průhyb v mm

5.3 Kinematické rozborý a kontroly stability

Následující kapitola obsahuje všechny důležité kinematické rozborý a kontroly stability. Dle zadání jsem bral v potaz, že zařízení bude připojeno k traktoru o minimálním výkonu 45 kW. Pro potřebu výpočtů jsem zvolil konkrétní model traktoru, reálné hodnoty hmotností a reálné rozměry stroje. Zvolil jsem traktor Zetor Proxima 75, rok výroby 2008. Průzkumem literatury a porovnáním různých traktorů jsem dospěl k závěru, že traktory o stejném výkonu mají srovnatelné proporce. To platí za předpokladu, že jsou tyto traktory vybaveny závažím v discích a předním závažím. [2] [20] [28] [30]



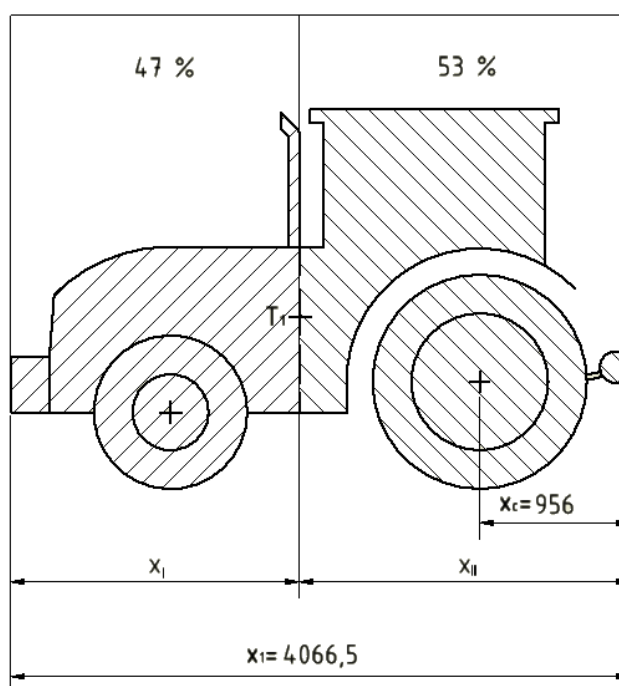
Obr. 5.6 – Zetor Proxima 75

5.3.1 Určení polohy těžiště traktoru z poměru hmotnosti na nápravu

Poměr hmotnosti na nápravu a těžiště jsem určil na základě experimentu, který jsem provedl už v minulosti při tvorbě své bakalářské práce. Poměr hmotnosti na nápravu jsem určil tak, že jsem daný traktor reálně zvažil na váze pro nákladní automobily. Daná váha byla vybavena zdvižným nájezdem, který nebyl součástí váhy. Poměr hmotnosti jsem tedy určil tak, že jsem na váhu najel nejprve pouze přední nápravou, zjistil jsem hmotnost, a následně jsem měření zopakoval i pro zadní nápravu. Zdvižný nájezd váhy byl v době pokusu zdvižen v horní poloze, což znamená, že byl rovnoběžně s plochou váhy. [2]



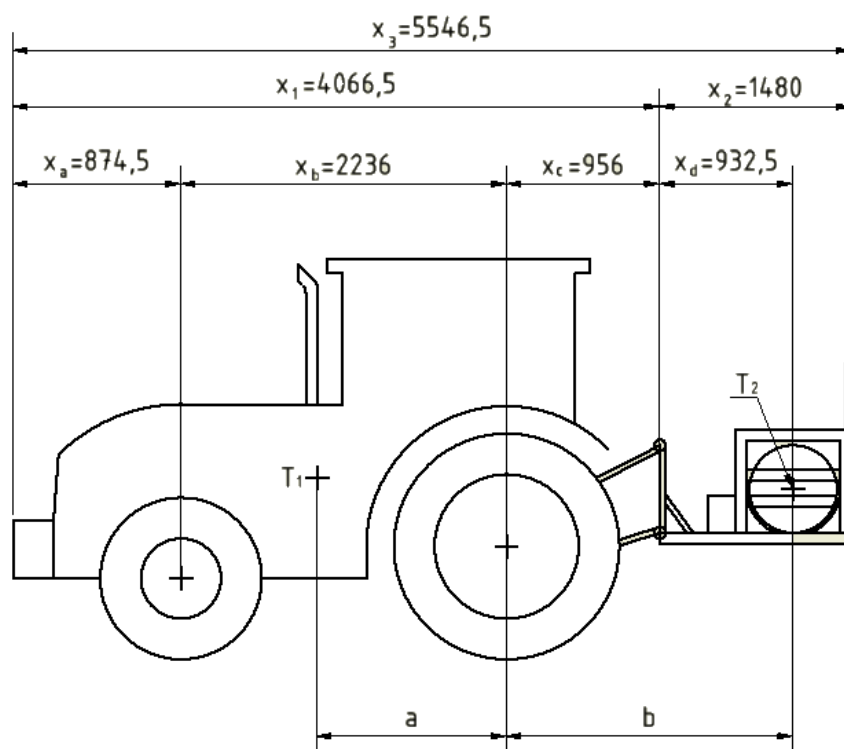
Obr.5.7 – Použitá váha pro nákladní automobily



Obr. 5.8 – Poměr hmotnosti na nápravu u traktoru Zetor Proxima 75

5.3.2 Kontrola na překlpení traktoru dozadu

Při výpočtu počítám s nejhorší variantou, která může nastat. Je naloženo nejtěžší možné poleno, zařízení je zvednuto hydraulikou traktoru ze země a nakládací plošina je zdvižena. [2]



Obr. 5.9 – Rozměry traktoru Zetor Proxima 75, rozměry štípačky a polohy těžišť

Výpočet rozměrů

$$x_I = x_1 \cdot \frac{47}{100} = 1911 \text{ mm} \quad (5.1)$$

$$x_{II} = x_1 \cdot \frac{53}{100} = 2155,5 \text{ mm} \quad (5.2)$$

$$a = x_{II} - x_c = 2155,5 - 956 = 1199,5 \cong 1200 \text{ mm} \quad (5.3)$$

$$b = x_c + x_d = 956 + 932,5 = 1888,5 \cong 1889 \text{ mm} \quad (5.4)$$

Kontrola na překlopení

Volím bezpečnost proti překlopení $k = 1,5$.

$$m_T \cdot a \cdot g \geq m_P \cdot b \cdot g \cdot k \quad [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad (5.5)$$

$$4546 \cdot 1200 \cdot 9,81 \geq 870 \cdot 1889 \cdot 9,81 \cdot 1,5$$

$$53\,515\,512 \geq 24\,183\,072$$

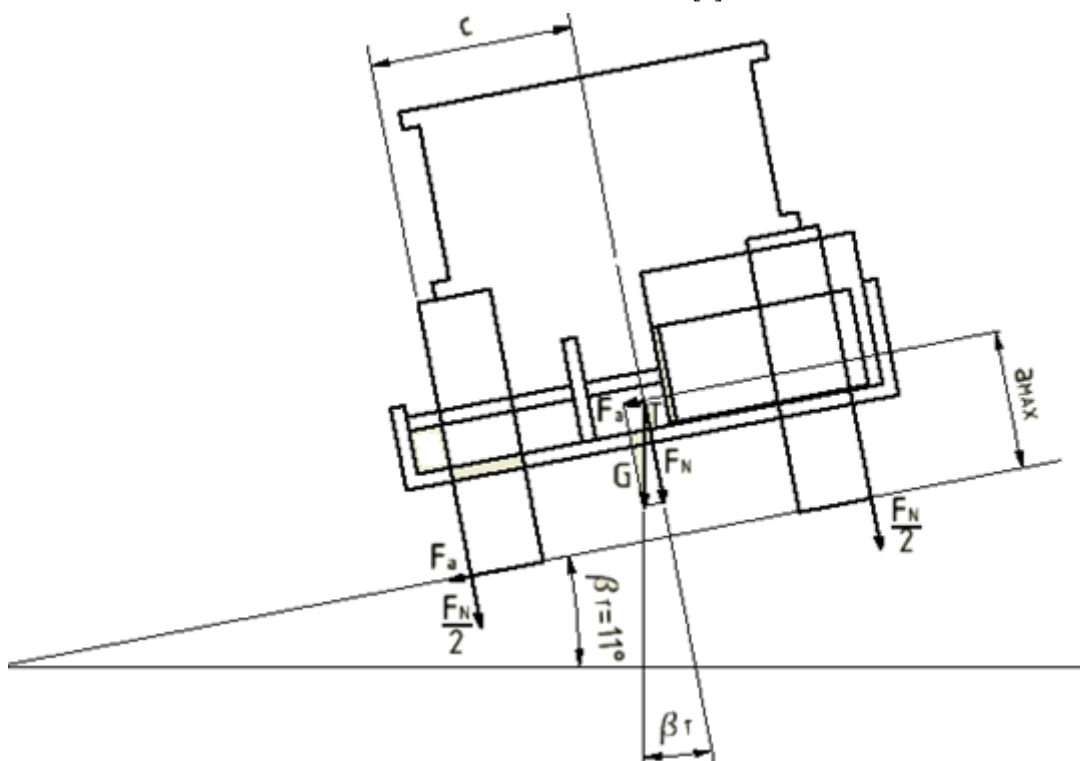
VYHOVUJE

Výsledná bezpečnost proti překlopení

$$k_S = \frac{53515512}{24183072} = 2,21 \quad (5.6)$$

VYHOVUJE

5.3.3 Kontrola na sklouznutí traktoru ve svahu [2]



Obr. 5.10 – Rozbor sil-sklouznutí ve svahu

Určení celkové hmotnosti

$$m = m_t + m_p = 4546 + 870 = 5416 \text{ kg} \quad (5.7)$$

Výpočty jednotlivých sil

Volím úhel $\beta_T = 11^\circ$, což je hodnota svahové dostupnosti traktorů garantovaná výrobcí.

$$G = m \cdot g = 5416 \cdot 9,81 = 53\,131 \text{ N} \quad (5.8)$$

$$tg\beta_T = \frac{F_a}{G} \Rightarrow F_a = G \cdot tg\beta_T = 53131 \cdot tg11^\circ = 10\,328 \text{ N} \quad (5.9)$$

$$F_N = \sqrt{(G)^2 + (F_a)^2} = \sqrt{(53131)^2 + (10328)^2} = 54\,126 \text{ N} \quad (5.10)$$

Kontrola na sklouznutí

Volím součinitel adheze pneumatik $f = 0,6$ - tráva, hlína [2] [31]

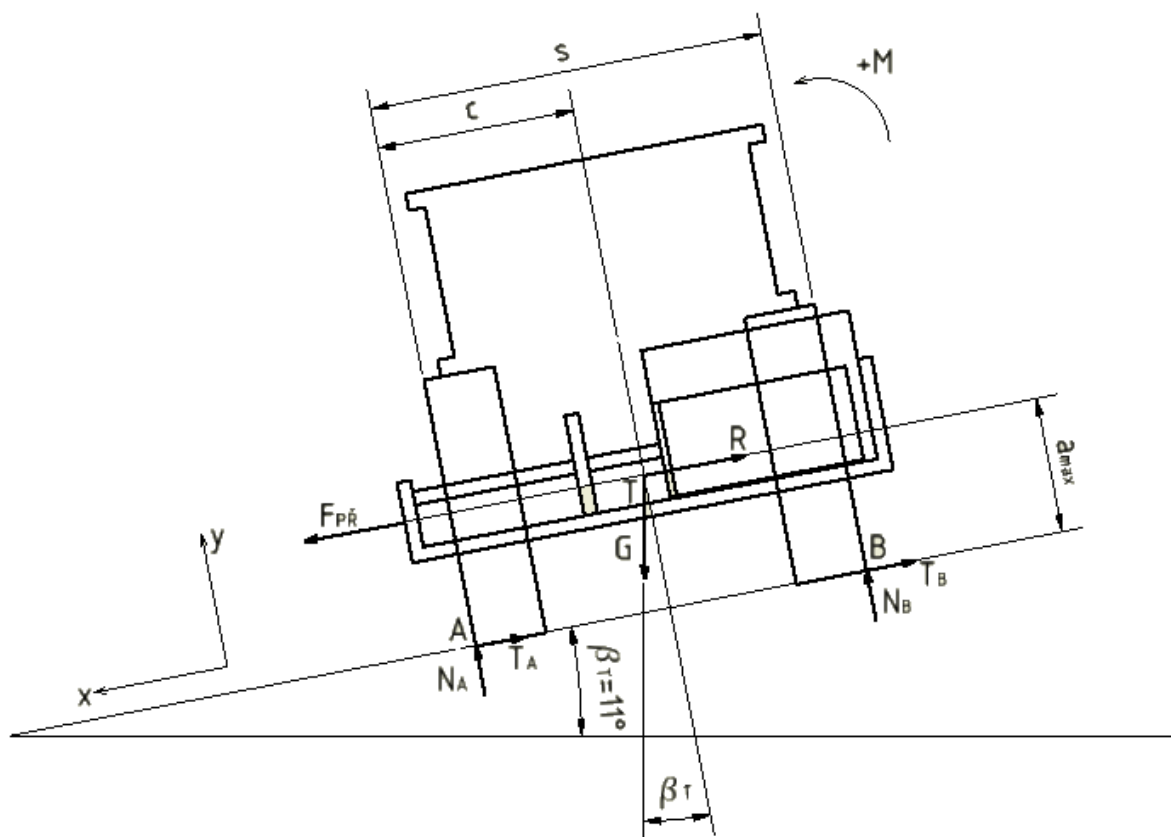
$$\frac{F_N}{2} \cdot f \geq k \cdot F_a \quad [\text{N}] \quad (5.11)$$

$$\frac{54126}{2} \cdot 0,6 \geq 1,5 \cdot 10328$$

$$16\,238 \geq 15492$$

VYHOVUJE

5.3.4 Kontrola na převrácení traktoru do boku ve svahu [2]



Obr. 5.11 – Rozbor sil – převrácení ve svahu

Rovnice rovnováhy

$$\sum F_{ix} = 0: F_{PR} + G \cdot \sin \beta_T - R - T_A - T_B = 0 \quad (5.12)$$

$$\sum F_{iy} = 0: N_A - G \cdot \cos \beta_T = 0 \quad (5.13)$$

$$\sum M_{iA} = 0: F_{PR} \cdot a_{MAX} + G \cdot \sin \beta_T \cdot a_{max} - G \cdot \cos \beta_T \cdot c - R \cdot a_{max} + N_B \cdot s = 0 \quad (5.14)$$

Doplňkové rovnice

$$T_A = N_A \cdot f \quad (5.15)$$

$$T_B = N_B \cdot f = 0 \text{ N} \quad (5.16)$$

$$G = m \cdot g$$

$$N_B = 0 \text{ N} \quad (5.17)$$

Výpočty jednotlivých sil

$$G = m \cdot g = 5416 \cdot 9,81 = 53\,131 \text{ N}$$

$$N_A = G \cdot \cos \beta_T = 53131 \cdot \cos 11^\circ = 52\,155 \text{ N} \quad (5.18)$$

$$T_A = N_A \cdot f = 52155 \cdot 0,6 = 31\,293 \text{ N} \quad [31]$$

$$F_{P\ddot{R}} = T_A + T_B + R - G \cdot \sin \beta_T \Rightarrow R = \frac{F_{P\ddot{R}} + G \cdot \sin \beta_T \cdot a_{MAX} - G \cdot \cos \beta_T \cdot c + N_B \cdot s}{a_{MAX}} \quad (5.19)$$

$$R = \frac{(T_A + T_B - G \cdot \sin \beta_T) + G \cdot \sin \beta_T \cdot a_{MAX} - G \cdot \cos \beta_T \cdot c + N_B \cdot s}{a_{MAX}} \quad (5.20)$$

$$R = \frac{T_A + T_B - G \cdot \sin \beta_T + G \cdot \sin \beta_T \cdot a_{MAX} - G \cdot \cos \beta_T \cdot c + N_B \cdot s}{2 \cdot a_{MAX}}$$

$$R = \frac{31293 + 0 - 53131 \cdot \sin 11^\circ + 53131 \cdot \sin 11^\circ \cdot 0,79 - 53131 \cdot \cos 11^\circ \cdot 0,96 + 0}{2 \cdot 0,79}$$

$$R = -13\,231 \text{ N}$$

$$F_{P\ddot{R}} = T_A + T_B + R - G \cdot \sin \beta_T = 31293 + 0 + (-13231) - 53131 \cdot \sin 11^\circ = 7\,924 \text{ N}$$

Kontrola na převrácení

Volím bezpečnost proti převrácení $k = 1,5$.

$$F_{P\ddot{R}} \cdot k \leq |R| \quad (5.21)$$

$$7924 \cdot 1,5 \leq |-13\,231|$$

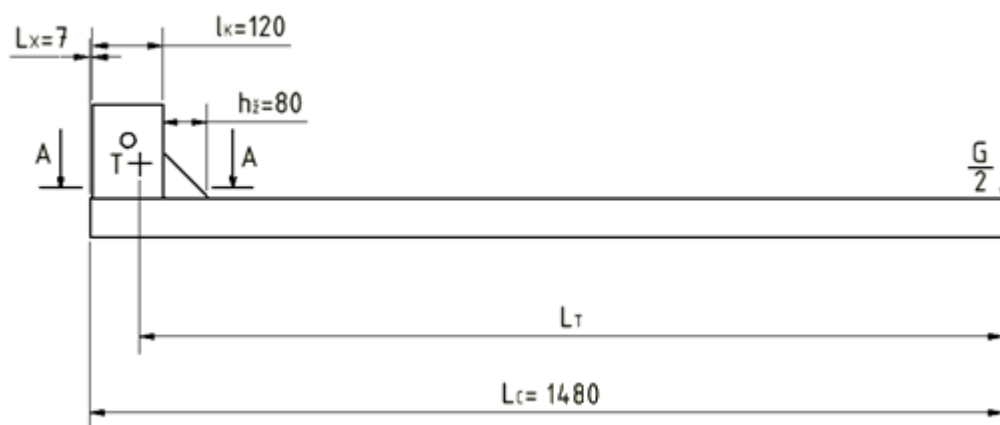
$$11\,886 \leq 13\,231$$

VYHOVUJE

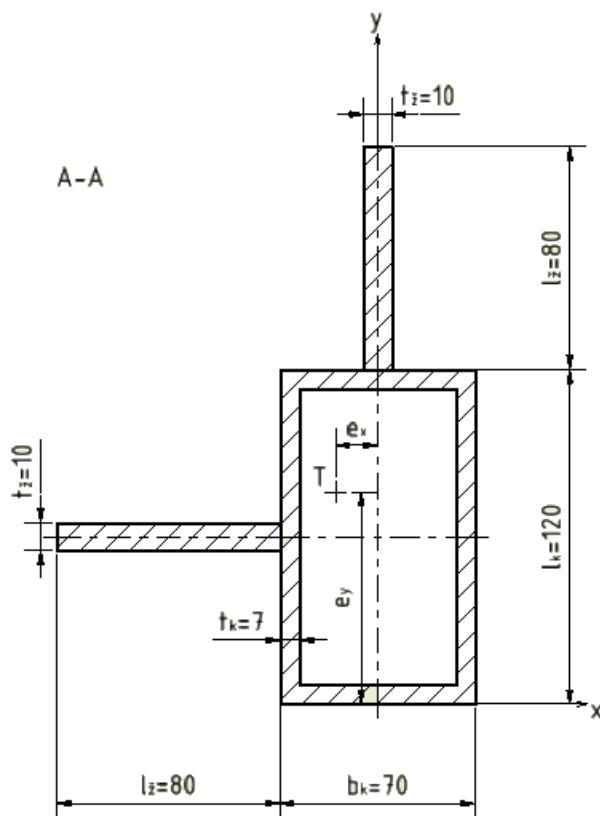
5.4 Kontrola svarového spoje a kontrola nosného čepu

Pro výpočet jsem zvolil dle mého názoru nejvíce namáhaný svarový spoj na konstrukci hydraulické štípačky dřeva za traktor. To je svarové spojení spojující připojovací konzolu se základním rámem. Zmíněný svarový spoj je v konstrukci na pravé i na levé straně, ale jelikož se jedná o stejný typ spoje, tak je výpočet proveden pouze pro jednu stranu. Dále jsem provedl kontrolu nosného čepu na ohyb a otláčení.

5.4.1 Svarový spoj připojovací konzoly a základního rámu [2]



Obr. 5.12 – Vybrané rozměry štípačky potřebné pro výpočet



Obr. 5.13 – Poloha těžiště

Poloha těžiště [32]

$$e_x = \frac{[0 \cdot (l_K \cdot b_K) - [0 \cdot (l_K - 2t_K) \cdot (b_K - 2t_K)] + [0 \cdot (l_Z \cdot t_Z)] + \left[-\left(\frac{b_K}{2} + \frac{l_Z}{2}\right) \cdot (l_Z \cdot t_Z)\right]}{(l_K \cdot b_K) - [(l_K - 2t_K) \cdot (b_K - 2t_K)] + 2 \cdot (l_Z \cdot t_Z)}$$

$$e_x = \frac{[0 \cdot (120 \cdot 70) - [0 \cdot (120 - 2 \cdot 7) \cdot (70 - 2 \cdot 7)] + [0 \cdot (80 \cdot 10)] + \left[-\left(\frac{70}{2} + \frac{80}{2}\right) \cdot (80 \cdot 10)\right]}{(120 \cdot 70) - [(120 - 2 \cdot 7) \cdot (70 - 2 \cdot 7)] + 2 \cdot (80 \cdot 10)}$$

$$e_x = -14,03 \text{ mm} \quad (5.22)$$

$$e_y = \frac{\left[\left(\frac{l_K}{2}\right) \cdot (l_K \cdot b_K)\right] - \left[\left(\frac{l_K}{2}\right) \cdot (l_K - 2t_K) \cdot (b_K - 2t_K)\right] + \left[\left(l_K + \frac{l_Z}{2}\right) \cdot (l_Z \cdot t_Z)\right] + \left[\left(\frac{l_K}{2}\right) \cdot (l_Z \cdot t_Z)\right]}{(l_K \cdot b_K) - [(l_K - 2t_K) \cdot (b_K - 2t_K)] + 2 \cdot (l_Z \cdot t_Z)}$$

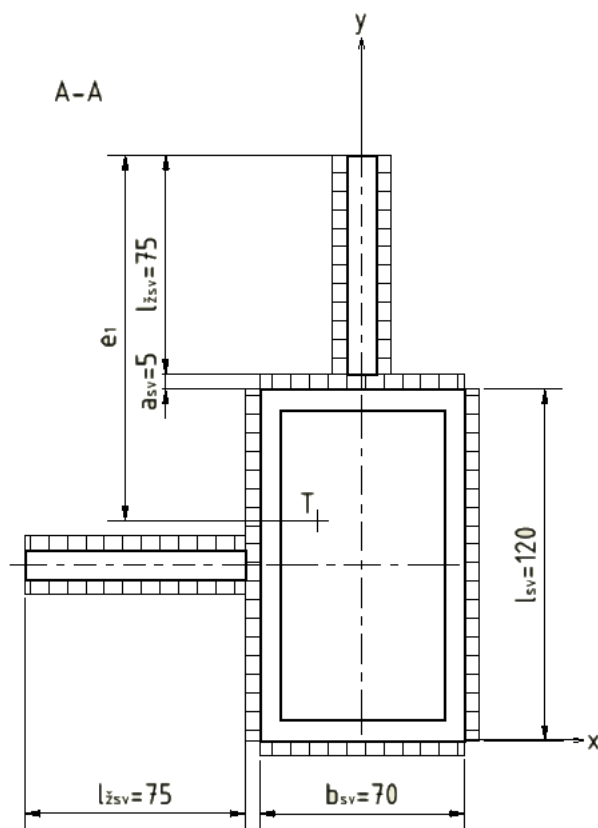
$$e_y = \frac{\left[\left(\frac{120}{2}\right) \cdot (120 \cdot 70)\right] - \left[\left(\frac{120}{2}\right) \cdot (120 - 2 \cdot 7) \cdot (70 - 2 \cdot 7)\right] + \left[\left(120 + \frac{80}{2}\right) \cdot (80 \cdot 10)\right] + \left[\left(\frac{120}{2}\right) \cdot (80 \cdot 10)\right]}{(120 \cdot 70) - [(120 - 2 \cdot 7) \cdot (70 - 2 \cdot 7)] + 2 \cdot (80 \cdot 10)}$$

$$e_y = 75,73 \text{ mm} \quad (5.23)$$

Vzdálenost těžiště od namáhaného místa [32]

$$e_1 = (l_k + l_Z + e_y) = (120 + 80 - 75,73) = 124,27 \text{ mm} \quad (5.24)$$

Výpočet momentu setrvačnosti činného průřezu [32]



Obr. 5.14 – Činný průřez svarů

$$J_X = 2 \cdot \left[\left(\frac{1}{12} \cdot a_{sv} \cdot h_{sv}^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot a_{sv}^3 \cdot b_{sv} \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot a_{sv} \cdot h_{zsv}^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot a_{sv}^3 \cdot h_{zsv} \right) + a_{sv} \cdot b_{sv} \cdot \left(\frac{h_{zsv} \cdot a_{sv}}{2} \right)^2 \right]$$

$$J_X = 2 \cdot \left[\left(\frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 120^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 5^3 \cdot 70 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 75^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 5^3 \cdot 75 \right) + 5 \cdot 70 \cdot \left(\frac{75 \cdot 5}{2} \right)^2 \right]$$

$$J_X = 26\,403\,958,3 \text{ mm}^4 \quad (5.25)$$

Vzdálenost zatěžující síly od těžiště připojovací konzoly

$$L_T = L_C - L_X - e_y = 1480 - 7 - 75,73 = 1397,27 \text{ mm} \quad (5.26)$$

Kontrola svaru

- ohyb

$$\tau_{Mo} = \frac{Mo}{W_o} = \frac{\frac{G}{2} L_T}{2 \cdot \frac{J_X}{e_1}} = \frac{\frac{8535}{2} \cdot 1397,27}{2 \cdot \frac{26403958,3}{124,27}} = 14 \text{ MPa} \quad (5.27)$$

- stříh

$$\tau_{ll} = \frac{F}{s} = \frac{\frac{G}{2}}{2 \cdot a \cdot (l_K + l_z)} = \frac{\frac{8535}{2}}{2 \cdot 5 \cdot (120 + 80)} = 2,1 \text{ MPa} \quad (5.28)$$

- dovolené napětí [33]

$$\tau_S = \sqrt{\left[\left(\frac{\tau_{Mo}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ll}}{k_4}\right)^2\right]} = \sqrt{\left[\left(\frac{14}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{2,1}{0,7}\right)^2\right]} = 17,8 \text{ MPa} \quad (5.29)$$

- součinitel velikosti svaru [34]

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot 1,4 \cdot a = 1,3 - 0,03 \cdot 1,4 \cdot 5 = 1,09 \quad (5.30)$$

- statická bezpečnost

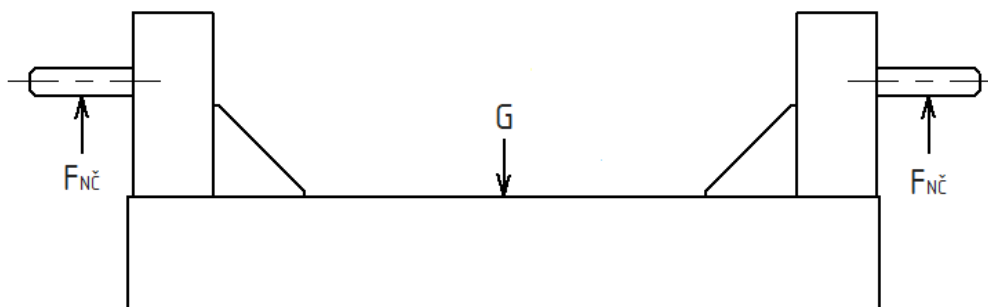
$$\tau_S \leq \beta \cdot \frac{Re}{k_S} \quad (5.31)$$

$$k_S = \frac{\beta \cdot Re}{\tau_S} = \frac{1,09 \cdot 186}{17,8} = 11,39 \quad (5.32)$$

VYHOVUJE

5.4.2 Kontrola nosného čepu [33]

Určení síly působící na nosný čep

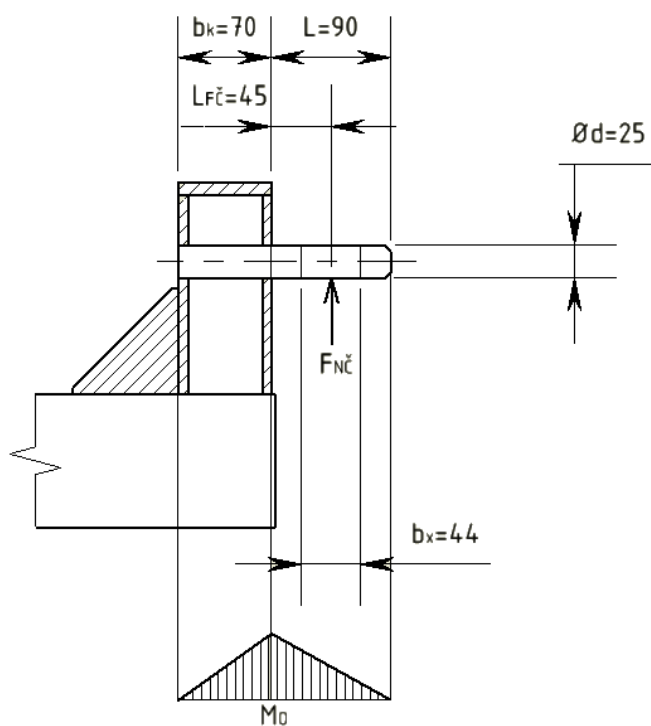


Obr. 5.15 – Rozbor sil působících na nosné čepy

$$G = m \cdot g = 870 \cdot 9,81 = 8535 \text{ N}$$

$$2 \cdot F_{N\check{C}} - G = 0$$

$$F_{N\check{C}} = \frac{G}{2} = \frac{8535}{2} = 4267,5 \text{ N} \quad (5.33)$$



Obr. 5.16 – Síla působící na nosný čep a rozměry nosného čepu

Kontrola nosného čepu na ohyb

-ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_{N\check{c}} \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 4267,5 \cdot 90}{2 \cdot \pi \cdot 25^3} = 125,2 \text{ MPa} \quad (5.34)$$

- únavová mez pevnosti

Hodnoty součinitelů odpovídají materiálu nosného čepu 11 523. [17] [33]

$$\sigma_{CO}^* = \sigma_{CO} \cdot \frac{\nu_{\sigma o} \cdot \eta_{po}}{\beta_{sv}} = 228 \cdot \frac{1,43 \cdot 0,85}{1} = 277,1 \text{ MPa} \quad (5.35)$$

-bezpečnost v ohybu

$$k_{\sigma o} = \frac{\sigma_{CO}^*}{\sigma_o} = \frac{277,1}{125,2} = 2,21 \quad (5.36)$$

VYHOVUJE

Kontrola nosného čepu na otláčení

- otláčení

$$p = \frac{F_{N\check{c}}}{s_p} = \frac{F_{N\check{c}}}{b_x \cdot d} = \frac{4267,5}{44 \cdot 25} = 3,88 \text{ MPa} \quad (5.37)$$

Dovolený tlak p_D pro materiál 11 523 je $p_D = 90 \text{ MPa}$. [17] [33]

$$p \leq p_D$$

$$3,88 \leq 90$$

VYHOVUJE

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout hydraulickou štípačku dřeva za traktor, která bude sloužit ke štípání polen o průměru 250 až 600 mm a délce 200 až 1000 mm a zároveň bude snadno obsluhovatelná. Dalším požadavkem byla možnost variabilního počtu polen po rozštípání, proto jsem si dal za cíl navrhnout několik štípacích klínů.

Nejprve jsem provedl rešeršní výzkum v oblasti hydraulických štípaček dřeva za traktor dostupných na trhu. Zkoumáním trhu jsem zjistil, že jsou dostupné v podstatě 2 typy zařízení ve 2 variacích: vertikální štípačky a horizontální štípačky, oboje buďto s pevným či pohyblivým štípacím klínem. Co se týká pohonu zařízení, existují buďto štípačky s vlastním hydromotorem, které pohání zadní vývodový hřídel traktoru, nebo štípačky bez vlastního hydromotoru. Ty jsou poháněny přes vnější hydraulický okruh traktoru a jsou s ním propojeny pomocí hydraulických hadic s rychlospojkami.

Po důkladné úvaze a na základě vlastních pracovních zkušeností v oblasti zemědělství, lesnictví, řízení traktoru, štípání dřeva a konstrukce jsem se rozhodl navrhnout konstrukci, která je svým způsobem unikátní a trhu se nevyskytuje. Rozhodl jsem se pro horizontální konstrukci s pevným klínem. Nedílnou součástí této konstrukce je vedení štípaného polena a nakládací rampa, která usnadňuje manipulaci s polenem. Velkou odlišností oproti jiným horizontálním štípačkám je orientace štípaného polena. Celá konstrukce je na rozdíl od jiných podobných na trhu koncipována tak, že pomyslná osa štípaného polena je kolmá na osu zadního vývodového hřídele traktoru. Dle mého názoru s ohledem na používání zařízení v terénu, je lepší délkově kratší konstrukce a přibližně stejně širí jako je traktor. Na trhu dostupné štípačky jsou spíš úzké a dlouhé, což je dle mého názoru nevýhodné s ohledem na zatížení štípačky polenem. Při štípání velkých a těžkých polen v terénu roste riziko na překlopení traktoru dozadu. Další velkou výhodou je snadná měnitelnost pevného štípacího klínu. Ten je zajištěn pomocí dvou čepů se závlačkou, které lze snadno a rychle vyčepovat a vyměnit tak klín za jiný.

Po provedení různých náčrtů a variací konstrukce jsem vytvořil 3D model v programu Autodesk Inventor 2018 a navrhnul klíčové konstrukční uzly. Po konzultaci s vedoucím práce jsem provedl analýzy MKP, kinematické výpočty, výpočet důležitého svarového spoje a kontrolu nosného čepu na otlacení. MKP analýzy jsem provedl v programu Ansys Workbench 18.0.

Během vypracovávání mé diplomové práce mi velice pomohla předešlá zkušenost s návrhem jiného neseného zemědělského stroje. V rámci zpracování mé bakalářské práce

jsem řešil „Nesený víceúčelový přepravník za traktor“. Velice mi také pomohl profesionální a lidský přístup mého vedoucího, který mě vždy dovedl nasměrovat tím správným směrem.

V závěru jsem vytvořil výkresovou dokumentaci dle rozsahu zadaného vedoucím mé diplomové práce. Všechny cíle a požadavky ze zadání diplomové práce byly splněny.

6.LITERATURA A ZDROJE

1. ZETOR: Zetor Major. In: *Zetor.cz: Produkty* [online]. Trnkova 111, 628 00 Brno-Líšeň, Česká republika: Zetor-Tractors, 2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://www.zetor.cz/zetor-major>
2. GRYGAŘÍK, Marek. *Nesený víceúčelový přepravník za traktor* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/117373>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava.
3. TROCHTA, Miroslav. *Štípačka dřeva* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/81382>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava.
4. PROSECKÝ, Bohumil. *Regulační hydraulika traktorů* [online], 2011 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=3104;studium=42311>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně
5. PROCHÁZKA, Jan. Vnější hydraulický okruh traktoru New Holland T7. In: *Www.novinky.cz* [online]. Brno: Novinky.cz, 2015, 9.12.2015 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.agrima.cz/blog/rada-traktoru-new-holland-t7-posiluje/>
6. Štípačka KRPAN CV 22. In: *Interforst.cz* [online]. Prostějov: KRPAN, 2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.interforst.cz/det/stipacka-dreva-krpan-cv-22>
7. BYSTROŇ JOLLY HYDRA 10 t. In: *Bystron.cz* [online]. Valašské Meziříčí: Bystron, 2019,2.3.2019[cit.2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/16/stipace-dreva/121/hydr-okruh-traktoru/vyrobek/47/jolly-hydra-10t/>
8. BYSTROŇ KING KARDAN 20 t. In: *Bystron.cz* [online]. Valašské Meziříčí: Bystron, 2019,2.3.2019[cit.2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/16/stipace-dreva/124/pohon-kardanem/vyrobek/50/king-kardan-20t/>

9. DABAKI WX 350. In: *Dabaki.cz* [online]. Jankovská Lhota: Dabaki, 2019, 2.3.2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://m.dabaki.cz/nabidka/les-a-drevo/stipacky-wx/#!>
10. POSCH SplitMaster 55 Crane. In: *Posch.com* [online]. Německo: Posch, 2019, 2.3.2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.posch.com/cs/p/splitmaster-55-crane/>
11. *Rozšiřovací klín Proteco*. In: *Rr-naradi.cz* [online]. Proteco, 2019, 2.3.2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.rr-naradi.cz/siroky-stipaci-klín-pro-stipacku-sv-4000-proteco>
12. *4 - ramenný klín Scheppach*. In: *Zeleneudoli.cz* [online]. Scheppach, 2019, 2.3.2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://www.zeleneudoli.cz/scheppach-4-ramenny-stipaci-klín-hl-710-lv-80-hl-800-hl-800e-hl-850-hs-800s-x162?gclid=EAIaIQobChMIn9eMqojk4AIVTKqaCh3HTgX2EAQYBCABEgJIAPD_BwE
13. ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č.341/2014 Sb.: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha: Sbírka zákonů České republiky, 2014, ročník 2014, č.341/2014 Sb. ISSN 1211-1244 Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>
14. *Červená odrazka*. In: *Svetvoziku.cz* [online]. Městec Králové: Svět vozíků, 2019, 2.3.2019 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://www.svetvoziku.cz/odrazky-a-odrazove-desky/3014-odrazka-cervena-kulata-wital-pr-625-mm-se-sroubkem-10041604.html?gclid=EAIaIQobChMIn9eMqojk4AIVTKqaCh3HTgX2EAQYBCABEgJIAPD_BwE
15. *Reflexní odrazová tabule*. In: *Privesy.net* [online]. Opava: Privesy.net, 2019 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.privesy.net/65-produkt/4-elektro-svitilny-odrazky/30-odrazky-a-odrazove-desky/998-reflexni-tabule-pro-nadmerne-a-presahujici-naklady-500x500mm.html>

16. *Rotační hydraulický rozváděč* [online]. Česká republika: Technikaprofarmu.cz, 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.technikaprofarmu.cz/rucne-ovladane-40-l-min/rota--n-hydraulicke-rozvadr-g3-4/?gclid=EAIaIQobChMI_a65sNid4QIVybztCh03pgPHEAQYBCABEGLyHPD_BwE
17. LEINVEBER, Jiří a VÁVRA, Pavel.: *Strojnické tabulky (páté doplněné vydání)*. Albra, Úvaly, 2011, ISBN 978-80-7361-081-4
18. BOLEK, Alfred a KOCHMAN, Josef. *Části strojů II*. Praha: SNTL, 1990. str. 707. ISBN 80-03-00426-8.
19. BOHÁČEK, František a kol. *Části a mechanismy strojů I: Zásady konstruování spoje*. 1984. Brno: VUT Brno, 1984.
20. LUPOMĚCH, František. *Traktory Zetor: modelové řady Z 5011-Z 7341 (r.v. 1980-2004) : konstrukce, údržba, seřizování a zaměnitelnost dílů*. Brno: Computer Press, 2010. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-2640-0.
21. *Hydromotor SMS 80 s kardanovým vývodem* [online]. Slovensko: Hydraulikapo.sk, 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.hydraulikapo.sk/kategoria/hydromotory/hydromotor-sms-80-s-kardanovym-vyvodom/>
22. *Standardní dvoučinný hydraulický válec 1125 mm* [online]. Česká republika: Kardanka.cz, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.kardanka.cz/standardni-dvoucinny-hydraulicky-valec-1125mm-23651.html#description>
23. *Filtr hydrauliky s vložkou* [online]. Česká republika: Technika pro farmu.cz, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.technikaprofarmu.cz/filtr-hydraulickeho-oleje/filtr-hydrauliky-s-vlozkou-3-4--48l-min/>
24. *Nádrž hydraulického oleje 45 L* [online]. Slovensko: Hydraulikapo.sk, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.hydraulikapo.sk/kategoria/filtre-nadrze/nadrz-na-olej-45l/>

25. *Hydraulické hadice a ostatní příslušenství* [online]. Česká republika: Naturadk.eu, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z:
<https://www.naturadk.eu/zakazkova-vyroba-hydraulickych-hadic/>
26. *Hydraulický olej AUTEX OHHM46* [online]. Slovensko: Oleje-autex.sk, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z:
<http://www.oleje-autex.sk/eshop/autex-ohhm46-20l/p-3592862.xhtml>
27. *Přetlačná lopatka s obracákem Husqvarna* [online]. Česká republika: Cbproles.cz, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z:
https://www.cbproles.cz/e-shop/husqvarna-pretlacna-lopatka-s-obracakem-d1925.html?gclid=EAIaIQobChMIn9-KyJrF4QIV2JrVCh2_cQTqEAQYAiABEGLicvD_BwE
28. *Zetor Proxima: Návod k obsluze a údržbě* [online]. Brno: Zetor Tractors, 2012, 2012(02/2012) [cit. 2017-04-06]. Dostupné z:
www.cals.cz/zetorservice/files/1/Proxima_2012_CZ.pdf
29. *Objemová hmotnost dřeva* [online]. Česká republika: Drevorubec.cz, 2019 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://drevorubec.cz/prodej-dreva/objemova-hmotnost-dreva>
30. LUPOMĚCH, František. *Opravy traktorů Zetor: praktická příručka pro modely Z 2011-Z 6945 nulté až třetí modernizace ÚŘ I*. Brno: Computer Press, 2007. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-1634-0.
31. VOPAVAL, Lukáš. *Adheze pneumatik a její měření*. Brno, 2013. Bakalářská práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
32. NĚMEC, J., DVOŘÁK, J., HOSCHEL, C.: *Pružnost a pevnost ve strojírenství*, TP 66, SNTL Praha, 1989
33. NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z Částí a mechanismů strojů: Spoje*. 2016. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2016. ISBN 978-80-248-3879-3.
34. KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1860-3.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Dr. Ing. Milošovi Němčkovi za profesionální a lidský přístup, který mě vždy dovedl nasměrovat tím správným směrem a také za jeho vedení. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavovi Trochtovi za konzultaci tématu a panu doc. Ing. Jiřímu Havlíkovi, Ph.D. za odborné rady a věcné připomínky k tématu během ukázek postupu při tvorbě práce. Dál bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu během studia a tvorbě diplomové práce. A v neposlední řadě bych rád poděkoval svému zaměstnavateli firmě Repont s.r.o. za vstřícný přístup a toleranci během studia a také panu Milanu Květoňovi za poskytnutí jeho zemědělské techniky k pořízení fotografií.

Seznam příloh

Příloha A – Výkres sestavy hydraulické štípačky dřeva za traktor	DP-GRY0065-0-01	A0
Příloha B – Kusovník sestavy hydraulické štípačky dřeva za traktor	DP-GRY0065-0-01 K	A4
Příloha C – Výrobní výkres tlačné plotny	DP-GRY0065-0-02	A2
Příloha D – Výrobní výkres rozšiřovacího klínu	DP-GRY0065-0-03	A3
Příloha E – Výrobní výkres čtyřramenného klínu	DP-GRY0065-0-04	A3
Příloha F – Výrobní výkres víceraamenného klínu	DP-GRY0065-0-05	A3